

3. Gouraud N. Computer display of curved surfaces.— IEEE Trans., 1971, vol. C-20, June.
4. Bui Tuong Phong. Illumination for computer generated pictures.— CACM, 1975, N 6.
5. Rogers D. F., Adams I. A. Mathematical elements for computer graphics.— N. Y.: McGraw-Hill Book Company, 1976.
6. Clark J. H. Hierarchical geometric models for visible surface algorithms.— CACM, 1976, vol. 19, N 10.
7. Долговесов Б. С. и др. Устройство для вывода полутоновых изображений трехмерных объектов на экран телевизионного приемника. (Автор. свид-во № 834692).— БИ, 1981, № 20.
8. Талов И. П. и др. Мини- и микро-ЭВМ и спецпроцессоры семейства «Электроника».— В кн.: Тез. докл. Всесоюз. конф. «Диалог-82». Пушкино, 1982.
9. Толстых Б. Л., Талов И. Л., Плотников В. В., Бондаревич Г. Г. Быстродействующий периферийный процессор «Электроника МТ-70».— УСиМ, 1983, № 4.
10. Талов И. Л., Плотников В. В., Межов В. Е., Бондаревич Г. Г. Новая высокопроизводительная мини-ЭВМ «Электроника-79» и эффективность ее использования в системах схемотехнического проектирования БИС.— УСиМ, 1982, № 6.

Поступила в редакцию 16 января 1984 г.

УДК 681.327.22 : 621.397.6.037.733.2

А. М. КОВАЛЕВ, В. В. КУРОЧКИН, Ю. В. ТАРНОПОЛЬСКИЙ

(Новосибирск)

ТРЕХПОРТОВАЯ ПАМЯТЬ ТЕЛЕВИЗИОННОГО КАДРА

Цифровая память, доступная вычислительной машине и одновременно обеспечивающая отображение своего содержимого на экране телевизионного монитора, находит широкое применение в различных областях науки и техники.

Память телевизионного кадра (ПТВК) успешно используется при обработке аэрокосмической информации [1—3], в астрофизических [4, 5] и медицинских [6, 7] исследованиях, в системах цифровой передачи сообщений [8—10], в авиации [11]. Телевизионные дисплеи [12, 13], созданные на основе ПТВК, дают возможность автоматизировать процессы проектирования и производства различной аппаратуры [14—16]. В системах синтеза визуальной обстановки ПТВК выполняет роль буфера или видеобуфера, согласующего телевизионную развертку с неравномерной скоростью поступления данных от набора видеопроцессоров [17].

Большинство отмеченных разработок ПТВК в значительной степени специализированы для своей области применения и обладают одним или несколькими из перечисленных ниже недостатков: пониженное разрешение по сравнению со стандартными телевизионными системами; неодинаковое разрешение по осям X и Y ; недостаточное для получения высококачественного изображения число градаций яркости для каждой компоненты цвета; отсутствия быстродействующего порта связи с источником изображения (как правило, ПТВК имеет лишь порты связи с ЭВМ и телевизионным монитором); отсутствие контроля и исправления ошибок; отсутствие аппаратных средств для компенсации нелинейности характеристики «напряжение — яркость» телевизионных мониторов; отсутствие управления форматом изображения.

Целью данной работы является создание ПТВК, обладающей предельными характеристиками стандартного телевидения и не имеющей всех перечисленных недостатков.

В зависимости от количества одновременно работающих портов (n) параметры элементов памяти связаны с характеристиками телевизионной развертки следующим соотношением:

$$t_{\text{ц}}Q = H_{\text{а}}N/n,$$

где t_d — время цикла чтения или записи элементов памяти; Q — емкость одного кристалла памяти; H_a — время активной строки телевизионной развертки; N — количество строк в телевизионном кадре. При $Q = 16 \text{ К} = 2^{14}$, $H_a = 51,2 \text{ мкс}$, $N = 512$, $n = 3$ время t_d не должно превышать значения $t_d \leq 533 \text{ нс}$.

Адресация ПТВК полностью определяется возможностями выбранного типа памяти. Для микросхем, имеющих один разряд данных и 16 К адресов, на одну телевизионную строку приходится всего $A_{\text{стр}}$ адресов:

$$A_{\text{стр}} = Q/N = 2^{14}/2^9 = 32.$$

Из условия сохранения неизменного углового разрешения вдоль осей X и Y с учетом формата (4:3) телевизионного кадра [18] найдем расчетное количество элементов изображения, которое должно одновременно записываться в память или считываться из нее:

$$L_p = 4N/3A_{\text{стр}} = 4 \cdot 2^9/3 \cdot 2^9 = 21,3.$$

При $L = 20$ формат предлагаемой ПТВК будет равен 640×512 .

Известно [19, 20], что для получения высококачественных изображений каждый элемент телевизионного раstra необходимо кодировать 24 двоичными разрядами (по 8 разрядов для каждой цветовой компоненты). При этом для реализации ПТВК требуется около одного мегабайта памяти: $\Pi = 640 \times 512 \times 24$, причем в эту память может быть записано 2^{14} слов, каждое из которых имеет 480 разрядов.

Блок-схема трехпортовой ПТВК представлена на рис. 1. Порт A осуществляет связь памяти с источником изображений или видеопроцессором, порт B служит для отображения содержимого памяти на экране телевизионного монитора, а порт C предназначен для работы с ЭВМ. За счет сдвоенных регистров высокоскоростных портов A и B обеспечивается независимость работы видеопроцессора и видеопорта от циклов памяти. Использование регистров с трехстабильным выходом облегчает задачу упаковки 480-разрядного слова из 16-разрядных машинных слов или из 24 (48)-разрядных слов видеопроцессора на входе ПТВК. На выходе памяти (также с помощью регистров с трехстабильным выходом) из прочитанного 480-разрядного слова выбираются 24-разрядные данные для отображения каждого элемента изображения или 16-разрядные слова для ЭВМ. Такая конфигурация ПТВК позволяет резко сократить число сигнальных соединений, упрощает разводку печатных плат и уменьшает их количество, за счет этого повышается надежность устройства.

Из блок-схемы рис. 1 видно, что количество элементов памяти на плате должно быть кратным и 16, и 24. В реализованной ПТВК элементы памяти размещены на 10 многослойных печатных платах, причем каждой плате соответствуют 48 информационных разрядов 480-разрядного слова. Для повышения надежности хранения информации каждая плата снабжена 7 дополнительными разрядами памяти и необходимыми схемами свертки; благодаря этому реализован механизм обнаружения двойных и исправления одиночных ошибок с использованием кода Хэмминга [21].

Связи ПТВК с другими блоками устройства показаны на блок-схеме рис. 2. Память имеет входную и выходную шины данных, а также адресную шину. Сигнал управления «Чтение/Запись» (Чт/Зп) и необходимые

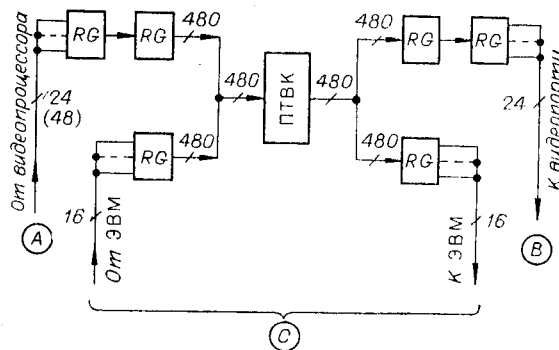


Рис. 1.

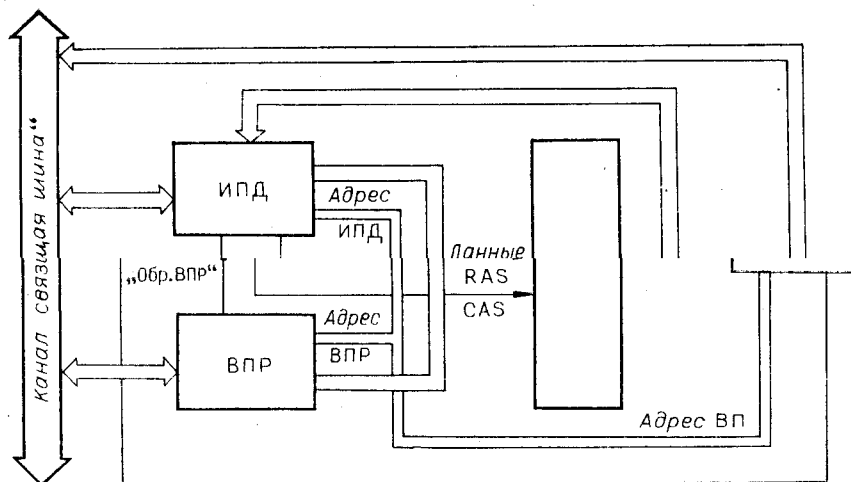


Рис. 2.

сигналы временной диаграммы памяти RAS и CAS генерируются блоком управления и синхронизации (БУС). Порту *A* ПТВК соответствует видеопроцессор (ВПР), порту *B* — видеопорт (ВП), а порту *C* — интерфейс прямого доступа (ИПД). Наивысшим приоритетом в очереди на обслуживание обладает видеопорт, который формирует сигналы U_r , U_g , U_b и синхросмесь ССП, необходимые для управления телевизионным монитором. Запрос на обслуживание видеопорт передает в блок управления в виде импульсов «Обращение ВП». Каждая точка телевизионного раstra отображается на экране в течение 80 нс, а по каждому адресу из ПТВК извлекаются одновременно 20 точек. Таким образом, цикл обращения видеопорта к памяти составляет $t_{\text{вп}} = 0,08 \times 20 = 1,6$ мкс.

В состав видеопорта входят: цифровой коммутатор из 20 направлений в 1 направлении; память γ -коррекции, в которой 8-разрядный код каждой цветовой компоненты преобразуется в 11-разрядный цифровой код для того, чтобы компенсировать нелинейность световых характеристик телевизионных приемников [22]; 11-разрядный цифроаналоговый преобразователь; блок синхронизации видеопорта, генерирующий синхросмесь для телевизионных мониторов; блок управления форматом изображения. Память γ -коррекции загружается и тестируется через канал связи с ЭВМ типа «Общая шина».

Управление форматом осуществляется с помощью 8 регистров, загружаемых через канал связи. Первые четыре регистра формата определяют включение и выключение гасящего импульса. В них хранятся следующие значения: ΔX — смещение начала изображения по горизонтали (10 разрядов), K_c — количество сегментов телевизионной строки, каждый из которых имеет 20 элементов изображения и считывается из памяти по одному адресу (5 разрядов), ΔY — смещение начала изображения по вертикали (8 разрядов), $K_{\text{стр}}$ — количество строк изображения (8 разрядов). От остальных четырех регистров зависит порядок выборки информации из памяти в соответствии с ходом телевизионной развертки, что позволяет применять различные схемы расположения данных в ПТВК. В этих регистрах хранятся: начальный адрес кадра изображения A_n (14 разрядов); приращения адресов при переходах от сегмента к сегменту ΔA_c (14 разрядов), от строки к строке $\Delta A_{\text{стр}}$ (14 разрядов), от полукадра к полукадру $\Delta A_{\text{пк}}$ (14 разрядов).

Состояние регистров выработки адреса памяти должно находиться в строгом соответствии с информацией, хранящейся в регистрах формирования гасящего импульса. Например, если необходимо получить изображение с форматом, имеющим A сегментов и $2B$ строк, которое смещено по горизонтали на C точек растра, а по вертикали на $2D$ строк

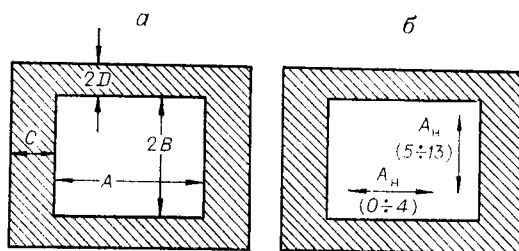


Рис. 3.

(рис. 3, а), то при $\Delta A_c = 1$ регистры формата следует расписать следующим образом:

$$\begin{aligned} \Delta X &= C; & A_n &= \Delta X/20 + \Delta Y64; \\ K_c &= A; & \Delta A_c &= 1; \\ \Delta Y &= D; & \Delta A_{стр} &= 64 - K_c; \\ K_{стр} &= B; & \Delta A_{пк} &= 16384 - 64(K_{стр} - 1). \end{aligned}$$

За счет изменения параметров ΔX , K_c , ΔY и $K_{стр}$ можно перемещать уменьшенный растр по изображению, записанному в ПТВК. Однако иногда необходимо производить перемещение изображения под неподвижным растром. Это достигается изменением значения A_n (рис. 3, б), причем 5 младших разрядов создают смещение по горизонтали, а остальные разряды величины A_n — по вертикали.

Таким образом, за счет использования регистров управления форматом можно хранить в ПТВК несколько различных изображений, а на отображение выдавать одно из них либо сопровождать каждый элемент телевизионного изображения служебной информацией, например координатой дальности.

Так как в качестве основной выбрана память динамического типа, то в блоке управления и синхронизации имеется механизм регенерации этой памяти, в состав которого входят автономный генератор и счетчик импульсов. По уровню приоритета команда «Обращение регенерации» занимает вторую позицию и уступает лишь команде «Обращение ВП». Нужно отметить, что в некоторых ПТВК [12] регенерация отсутствует. Это возможно, если считывание памяти осуществляется в строго определенной последовательности, или, другими словами, каждой точке растра соответствует одна и та же группа ячеек памяти. Если в процессе работы ПТВК изменяется формат изображения, то в общем случае к части ячеек памяти видеопорт не обращается, и, следовательно, регенерация необходима.

Тестирование ПТВК или загрузка ее информацией для отображения на телевизионном мониторе выполняется через канал связи с ЭВМ и интерфейс прямого доступа к памяти. Благодаря этому интерфейсу без участия процессора ЭВМ осуществляется процесс обмена данными между ПТВК и любым внешним устройством, подключенным к каналу связи (диски, цифровые магнитофоны и т. д.), в том числе и к памяти ЭВМ. С другой стороны, ПТВК с интерфейсом прямого доступа может рассматриваться как дополнительная быстрая внешняя память ЭВМ емкостью около 1 Мбайт.

Интерфейс прямого доступа через канал связи настраивается на чтение или запись ПТВК и генерирует команду «Обращение ИПД», устанавливая на шине требуемый адрес. Если производится запись, то вместе с адресом на вход ПТВК поступают данные. Когда появляется возможность, блок управления и синхронизации генерирует цикл записи данных (30 слов ЭВМ) по указанному адресу. В процессе чтения данные с выхода направляются в интерфейс прямого доступа, а затем в канал связи с ЭВМ. Обращению интерфейса прямого доступа присваивается наименьший (четвертый) уровень приоритета.

Третий уровень приоритета имеет порт видеопроцессора, с помощью которого на телевизионном мониторе можно получать динамические сцены. Вместо видеопроцессора к ПТВК может быть подключен любой источник генерируемых сюжетов. Так как каждый третий цикл ПТВК отводится для работы с видеопортом, то практически два оставшихся цикла памяти могут быть использованы для загрузки информации, поступающей из видеопроцессора. Скорость записи данных в ПТВК из видеопроцессора достигает величины $6 \cdot 10^8$ бит/с.

Описанная в данной работе ПТВК дает возможность хранить большой объем визуальной информации с одновременным отображением ее содержимого на экране телевизионного монитора. Наличие трех портов, высокие качественные характеристики и расширенные возможности позволяют применять разработанное устройство при решении разнообразных научных и технических задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурый Л. В. и др. Автоматизированный комплекс обработки изображений.— Автометрия, 1980, № 3.
2. Обидин Ю. В., Потапников А. К. Аппаратные средства комплекса обработки изображений «Зенит-2».— В кн.: Методы и средства обработки изображений. Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1982.
3. Quiel F., Wiesel J., Grotthuss H. Vom Pixel zur Farbe.— Elektronikpraxis, 1981, N 3, s. 63—69.
4. Балегга Ю. Ю. и др. Цифровая система накопления и обработки телевизионных изображений для астрофизических исследований.— Автометрия, 1980, № 3.
5. Senalmer V. Photon counting and analog television systems with digital real time processing and display.— Astron. Astrophys., 1978, vol. 69, p. 411—419.
6. Анистратенко А. А. и др. Центр обработки данных.— Автометрия, 1982, № 6.
7. Система для визуального контроля за биопотенциалами мозга.— Электроника, 1983, № 4.
8. Коэн Ч. Передача рукописного текста и рисунков по телефонным каналам.— Электроника, 1982, № 4.
9. Хиндин Х. Дж. Состояние и перспективы видеографии. Растущий интерес к диалоговым системам видеотекста. (Обзор).— Электроника, 1982, № 17.
10. Цифровая передача видеокладов по телефонному каналу со скоростью 4800 бит/с.— Там же, № 19.
11. Эрикссон А. Многофункциональные индикаторы на цветных ЭЛТ для кабины экипажа пассажирского самолета.— Электроника, 1981, № 11.
12. Приманчук Н. А., Прохожев О. В., Томашевская Л. Ф., Якушев В. С. Модули телевизионного дисплея в стандарте КАМАК.— Автометрия, 1980, № 4.
13. Ковалев А. М., Талыкин Э. А. Графический дисплей растрового типа для систем двухкоординатного проектирования.— Автометрия, 1984, № 4.
14. Бенсфорд Р. Инженерные рабочие станции—последнее звено в комплексе средств автоматизированного проектирования. (Обзор).— Электроника, 1982, № 23.
15. Подготовка к выпуску разнообразных аппаратных средств для систем проектирования и производства.— Там же, № 10.
16. Гледстоун Б. Рабочая станция, экономящая время проектирования систем.— Электроника, 1983, № 1.
17. Kajiya J. T., Sutherland I. E., Cheadle E. C. A random-access video frame buffer.— In: Proc. Conf. on Computer Graphics, Pattern Recognition and Data Structure, may 14—16, 1975. N. Y.: IEEE, 1975.
18. ГОСТ 7845—79. Система вещательного телевидения. Основные параметры. Методы измерений.— М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1979.
19. Телевидение. (Общий курс)/Под ред. П. В. Шмакова.— М.: Связь, 1979.
20. Трофимов Б. Е., Куликовский О. В. Передача изображений в цифровой форме.— М.: Связь, 1980.
21. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки.— М.: Мир, 1976.
22. Catmull E. A tutorial on compensation tables.— Comput. and Graph., 1979, vol. 13, N 2, p. 1—7.

Поступила в редакцию 13 января 1984 г.